

Semiconductor device for electric power control, comprising insulator substrate with front-face circuit pattern and rear-face metallic pattern fastened by soldering on metal base

Publication number: DE10121554

Publication date: 2002-03-28

Inventor: FUKADA MASAKAZU (JP); NISHIBORI HIROSHI (JP); YOSHIDA TAKANOBU (JP); YOSHIMATSU NAOKI (JP); KIMOTO NOBUYOSHI (JP); TAKAO HARUO (JP)

Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)

Classification:

- International: H01L25/07; H01L23/538; H01L25/18; H01L25/07; H01L23/52; H01L25/18; (IPC1-7): H01L25/07; H01L23/053; H01L23/48

- European: H01L23/538G; H01L25/18

Application number: DE20011021554 20010503

Priority number(s): JP20000260521 20000830

Also published as:

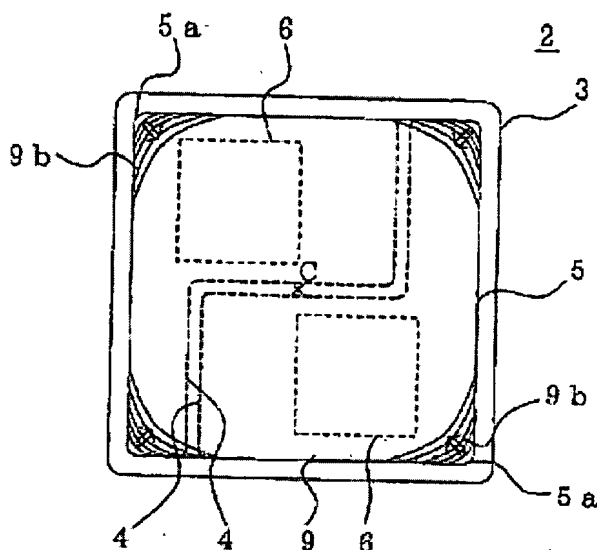
US6563211 (B2)
US2002047132 (A1)
JP2002076256 (A)
FR2813440 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10121554

Abstract of corresponding document: **FR2813440**

The device comprises a base plate of metal and at least an insulator substrate (2) comprising an insulator plate (3) with a rear-face pattern (5), and two front-face patterns (4) each in the form of letter L extending parallel to the two sides of the insulator plate. The rear-face pattern (5) is fastened on the base plate by a layer of solder (9). The two front-face patterns are laid out in a centrally symmetric manner and enclose the zones of switching elements (6) which are insulated-gate bipolar transistors (IGBTs) between zones of free-wheel diodes (FWDs) and electrodes. The device comprises two switching elements and two free-wheel diodes laid out in a draught board pattern between two auxiliary electrodes placed along opposite sides of the insulator plate. The insulator plate (3) is of ceramics, the rear-face pattern (5) and the front-face patterns (4) are of copper or aluminium, and the base plate is of copper or aluminium. The switching element zone (6) has a rectangular form of side length greater than 14 mm and is placed in an area 25mm in radius on the front face of the insulator substrate. A temperature sensor is placed on the switching device at a corner, or near the corner (5a) of the rear-face pattern.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

DB7



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**
DE 101 21 554 A 1

⑨ Int. Cl.⁷:
H 01 L 25/07
H 01 L 23/053
H 01 L 23/48

⑦ Aktenzeichen: 101 21 554.1
⑧ Anmeldetag: 3. 5. 2001
⑨ Offenlegungstag: 28. 3. 2002

DE 101 21 554 A 1

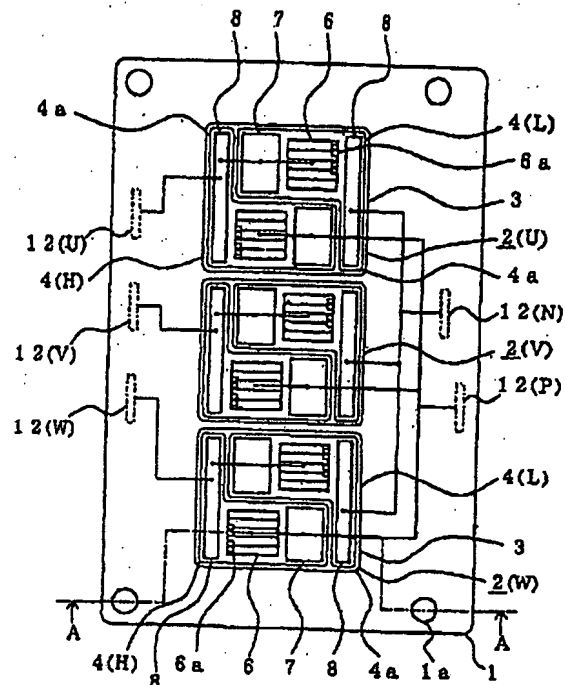
③① Unionspriorität:
P 260521/00 30. 08. 2000 JP
⑦① Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
⑦④ Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑦② Erfinder:
Fukada, Masakazu, Tokio/Tokyo, JP; Nishibori,
Hiroshi, Fukuoka, JP; Yoshida, Takanobu, Fukuoka,
JP; Yoshimatsu, Naoki, Fukuoka, JP; Kimoto,
Nobuyoshi, Fukuoka, JP; Takao, Haruo,
Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität
⑤⑦ Ein Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität weist folgendes auf:
(a) eine Metallgrundplatte (1); und
(b) mindestens ein Isolatorsubstrat (2), das folgendes aufweist:
(i) eine Isolatorplatte (3),
(ii) eine rückseitige Struktur (5) auf der Rückseite der Isolatorplatte (3), wobei die rückseitige Struktur (5) mit der Metallgrundplatte (1) verbunden ist, und
(iii) zwei Schaltkreisstrukturen (4), die auf der Vorderseite der Isolatorplatte (3) und über der rückseitigen Struktur (5) angeordnet sind, jede der Schaltkreisstrukturen (4) ist "L"-förmig und erstreckt sich entlang zwei Seiten der Isolatorplatte (3), die aneinander anschließen und senkrecht zueinander sind. Die zwei Schaltkreisstrukturen (4) sind an gegenüberliegenden Ecken der Isolatorplatte (3) in einer zentralsymmetrischen Beziehung zueinander angeordnet. In jeder Schaltkreisstruktur (4) ist ein Schaltelement (6) enthalten, das sandwichartig zwischen einer Freilaufdiode (7) und einem Elektrodenbereich eingeschlossen ist.



DE 101 21 554 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität und insbesondere ein Halbleiterbauelement von der Art, der folgendes aufweist: ein Isolatorsubstrat mit einer rückseitigen Metallstruktur auf seiner Rückseite, wobei die Struktur durch ein Bindemittel mit einer Metallgrundplatte verbunden ist, und ein Paar von Schaltkreisstrukturen auf ihrer Vorderseite.

[0002] Ein IPM (Intelligent Power Module = intelligentes Energiemodul) ist als Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität bekannt und wird beispielsweise in einer Antriebssteuerung eines Elektroautos verwendet. Es besteht jedoch Bedarf für eine Elektrizitätssteuerungseinrichtung, die eine längere Lebensdauer und eine höhere Zuverlässigkeit unter erschwerten Wärme- oder Schwingungsbedingungen hat. Die Fig. 4 bis 7 zeigen ein Beispiel eines solchen herkömmlichen Halbleiterbauelements zum Steuern von Elektrizität.

[0003] In den Fig. 4 bis 6 bezeichnet 1 eine im allgemeinen viereckige Metallgrundplatte, die beispielsweise aus einer Kupfer-Molybdän-Legierung besteht. Diese Metallgrundplatte 1 hat jeweils in einem Eckbereich davon ausgebildete Schraubenlöcher zur Anbringung der Metallgrundplatte 1 an einer Wärme abstrahlenden Kühlrippenanordnung (in den Figuren nicht gezeigt). 2 bezeichnet Isolatorsubstrate, die durch Löten an der Metallgrundplatte 1 befestigt sind.

[0004] Jedes dieser Isolatorsubstrate 2 besteht aus einer Isolatorplatte 3 aus Aluminiumnitrid, einem Paar von Kupferschaltkreisstrukturen 4, die auf der Vorderseite der Isolatorplatte 3 ausgebildet sind, und einer rückseitigen Struktur 5, die auf der Rückseite der Platte 3 ausgebildet ist. Jedes Isolatorsubstrat 2 ist so an der Metallgrundplatte 1 befestigt, daß die rückseitige Struktur 5 darauf gelötet ist.

[0005] 6 bezeichnet Isolierschicht-Bipolartransistoren (IGBT) als Halbleiterschalt Elemente zum Steuern von Elektrizität, und 7 bezeichnet Freilaufdioden, die jeweils mit dem benachbarten IGBT 6 gepaart sind. Ein aus einem IGBT 6 und einer Freilaufdiode 7 bestehendes Paar ist jeweils auf die Schaltkreisstrukturen 4 aufgelötet.

[0006] 9 bezeichnet eine Lotschicht, die zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur 5 des Isolatorsubstrats 2 angeordnet ist, und 9A bezeichnet eine Lotschicht, die zwischen jeder Schaltkreisstruktur 4 und dem zugeordneten Paar eines IGBT 6 und einer Freilaufdiode 7 angeordnet ist.

[0007] 10 bezeichnet ein Paar von Thermistoren, die in einem Mittelbereich jedes Isolatorsubstrats 2 zwischen den Schaltkreisstrukturen 4 des zugeordneten Paares angebracht sind, um die Temperatur dieses Isolatorsubstrats 2 zu detektieren.

[0008] 11 bezeichnet eine Harzabdeckung, in der Schraubenlöcher 11a in Ausfluchtung mit den jeweiligen Schraubenlöchern in der Metallgrundplatte 1 zur Anbringung derselben gemeinsam mit der Metallgrundplatte 1 an der Wärme abstrahlenden Kühlrippenanordnung (nicht gezeigt) gebildet sind.

[0009] Die Metallgrundplatte 1 und die Abdeckung 11 sind so zusammengesetzt, daß sie ein im allgemeinen viereckiges kastenartiges Gehäuse bilden, wobei die Grundplatte 1 als Bodenwand dient, und die Isolatorsubstrate 2, die IGBT 6 und die Freilaufdioden 7 auf der Metallgrundplatte 1 sind somit innerhalb des so gebildeten Gehäuses eingeschlossen.

[0010] 12 bezeichnet Hauptstromkreisanschlüsse, die in die Abdeckung 11 eingesetzt sind. Jeder dieser Hauptstromkreisanschlüsse 12 hat ein äußeres und ein inneres Ende,

wobei das äußere Ende außerhalb des Gehäuses positioniert und das innere Ende durch Aluminiumdrähte 13 mit dem zugeordneten IGBT 6 und der zugeordneten Freilaufdiode 7 verbunden ist.

[0011] 14 bezeichnet Elektroden für einen Steuerschaltkreis, und 15 bezeichnet eine Abdeckplatte für das oben beschriebene Gehäuse. Es ist zu beachten, daß entsprechende Verbindungen zwischen den Elektroden 14 und der Steuerschaltkreisplatte nicht gezeigt sind.

[0012] Es ist zu beachten, daß die in der gezeigten Elektrizitätssteuerungsvorrichtung verwendeten Anschlüsse, die, wie oben beschrieben, allgemein mit 12 bezeichnet sind, zahlreich sind, jedoch verschiedene Funktionseigenschaften haben.

[0013] Den Anschlüssen 12 sind also entsprechende Endbuchstaben (P), (N), (U), (V) und (W) hinzugefügt, um zu zeigen, daß die Anschlüsse 12(P) und 12(N) als positive bzw. negative Eingangsanschlüsse dienen und die Anschlüsse 12(U), 12(V) und 12(W) als jeweilige Dreiphasen-Ausgangsanschlüsse, d. h. als U-Phasen-, V-Phasen- bzw. W-Phasen-Ausgangsanschlüsse, dienen.

[0014] Außerdem sollen die Symbole (U), (V) und (W), die dem Bezugszeichen 2 hinzugefügt sind, um jedes der Isolatorsubstrate 2 zu bezeichnen, im allgemeinen zeigen, daß die Isolatorsubstrate 2(U), 2(V) und 2(W) diejenigen sind, denen jeweils Dreiphasen-Schaltkreise zugeordnet sind, die jeweils aus dem entsprechenden IGBT 6 und der entsprechenden Freilaufdiode 7 bestehen, die parallel, aber in umgekehrter Relation zu diesem IGBT 6 geschaltet ist.

[0015] Die dem Bezugszeichen 4 hinzugefügten Symbole (H) und (L), die jede Schaltkreisstruktur im allgemeinen identifizieren sollen, bezeichnen jeweils zwei Schaltelemente in jedem Schaltkreis auf der Seite höherer Spannung bzw. der Seite niedrigerer Spannung.

[0016] Fig. 7 zeigt ein Schaltbild einer Hauptwechselrichterschaltung, die in dem in den Fig. 4 bis 6 gezeigten Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität enthalten ist. Auch in dem Schaltbild in Fig. 7 werden gleiche Symbole P, N, U, V und W verwendet, die 12(P), 12(N), 12(U), 12(V) bzw. 12(W) entsprechen. Gleichermaßen entsprechen die in Fig. 7 verwendeten Symbole 2(U), 2(V), 2(W), 4(H) und 4(L) den in den Fig. 4 bis 6 verwendeten Symbolen 2(U), 2(V), 2(W), 4(H) bzw. 4(L).

[0017] Nachstehend wird die Anordnung der IGBT 6 und der Freilaufdioden 7 auf den auf der Metallgrundplatte 1 angebrachten Isolatorsubstraten 2 beschrieben. In den Fig. 4 bis 6 sind drei Isolatorsubstrate 2 auf der Metallgrundplatte 1 in Reihe miteinander angeordnet und in einem vorbestimmten Abstand voneinander beabstandet.

[0018] Jedes Substrat 2 ist über die rückseitige Struktur auf der Rückseite des Substrats auf die Metallgrundplatte 1 aufgelötet. Die Lotschicht 9 ist zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur auf jedem Substrat 2 gebildet. Jedes Paar von Schaltkreisstrukturen 4 auf der Vorderseite des Isolatorsubstrats 2 ist durch die zugeordnete Isolatorplatte 3 über der rückseitigen Struktur 5 angeordnet.

[0019] Jede Schaltkreisstruktur 4 hat eine im allgemeinen L-förmige Konfiguration, die sich teilweise entlang einer von vier Seiten der entsprechenden Isolatorplatte 3 und teilweise entlang einer anderen der vier Seiten davon erstreckt, die sich von der einen Seite der vier Seiten der entsprechenden Isolatorplatte 3 fortsetzt und senkrecht dazu ist. Zwei L-förmige Schaltkreisstrukturen 4 auf der entsprechenden Isolatorplatte 3 sind zentralsymmetrisch zueinander angeordnet.

[0020] In jeder Schaltkreisstruktur 4 ist der IGBT 6 nahe der Ecke, die Freilaufdiode 7 neben dem IGBT 6 entlang einer Seite und ein Elektrodenstrukturbereich 4a entlang einer

anderen Seite der Isolatorplatte 3 positioniert.

[0021] Das heißt, der IGBT 6 und die Elektrodenstrukturbereiche 4a sind alternierend auf der Metallgrundplatte 1 angeordnet, so daß die inneren Enden der Hauptstromkreisanschlüsse 12, die sich in das Gehäuse erstrecken, über die kürzeste Strecke mit dem IGBT 6 und den Elektrodenstrukturbereichen 4a verbunden sind.

[0022] Ein Paar von Thermistoren 10 zum Detektieren der Temperatur des Isolatorsubstrats 2 ist zwischen den zwei Schaltkreisstrukturen 4 an einer Stelle angeordnet, die mit der Mitte des Isolatorsubstrats 2 im allgemeinen ausgefluchtet ist. Nachstehend wird die Funktionsweise des Bauelements beschrieben.

[0023] Wenn Strom in dem Hauptstromkreis fließt, wiederholt der IGBT 6 Schaltfunktionen, und der IGBT 6 und die Freilaufdiode 7 erzeugen Wärme, die dann durch die Lotschicht 9A, die Schaltkreisstruktur 4, den Isolator 3, die rückseitige Struktur 5 und die Lotschicht 9 zu der Metallgrundplatte 1 übertragen wird. Die zu der Metallgrundplatte 1 übertragene Wärme wird auf die (nicht gezeigte) Wärme abstrahlende Kühlrippenanordnung, die an der Metallgrundplatte 1 angebracht ist, verteilt.

[0024] Bei der Wärmeübertragung ist die Lotschicht 9, die zum Verbinden der rückseitigen Struktur 5 mit der Metallgrundplatte 1 dient, einer komplizierten Wärmebeanspruchung ausgesetzt. Die Wärmebeanspruchung hat viele verschiedene Gründe.

[0025] Diese sind folgende: unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten der Metallgrundplatte 1 und der Isolatorplatte 3, die mit der rückseitigen Struktur 5 verbunden ist; ein Temperaturgradient zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur 5; und eine räumliche Veränderung des Temperaturgradienten, verursacht durch eine Temperaturverteilung in der rückseitigen Elektrode 5, in der ein Teil nahe dem hochwärmeerzeugenden IGBT 6 eine höhere Temperatur als andere Teile hat.

[0026] Bei dem herkömmlichen Halbleiterbauelement der oben erläuterten Konstruktion ergeben sich zahlreiche Probleme: Erstens können durch Temperaturwechselbeanspruchungen, die sich zwangsläufig ergeben, wenn das Bauelement in einem Motorraum angeordnet ist, oder die durch den Ein/Aus-Betrieb des IGBT 6 erzeugt werden, kleine Risse in der Lotschicht 9 auftreten.

[0027] Die kleinen Risse gehen im allgemeinen von Ecken der rückseitigen Struktur 5 aus. An den Ecken der Struktur 5 ist der Abstand von der Mitte der rückseitigen Struktur 5 und somit der Ausdehnungs- oder Schrumpfungsgrad durch Wärme am größten. Außerdem können sich mechanische Spannungen an den Ecken konzentrieren.

[0028] Die gebildeten Risse verlaufen zur Mitte der rückseitigen Struktur 5. Wenn die Risse in der Lotschicht 9 bis zu einer Stelle unter einem Teil der rückseitigen Struktur 5 unter dem IGBT 6 gelangen, sinkt die Wärmeabstrahlungsfähigkeit dieses Teils. Dies kann zu einem wärmebedingten Zusammenbrechen des IGBT 6 führen.

[0029] Zweitens kann der nahe der Ecke der rückseitigen Struktur 5 angeordnete IGBT 6 unter dem Einfluß der kleinen Risse, die sich von den Ecken der rückseitigen Struktur aus entwickelt haben, sehr stark erwärmt werden. Es sind zwar die Thermistoren 10 in dem Mittelbereich des Isolatorsubstrats 2 zum Detektieren der Temperatur des Substrats 2 angebracht, die Thermistoren 10 sind jedoch von dem Aufheizpunkt zu weit entfernt, um die Wärme genau zu detektieren. Dies erschwert das Ermitteln der Lebensdauer des Bauelements.

[0030] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität anzugeben, das für kleine Risse in einer Lotschicht zwischen einer Metall-

grundplatte und einer rückseitigen Struktur eines Isolatorsubstrats weniger anfällig ist und eine längere Lebensdauer haben sowie kompakt zusammengebaut werden kann.

[0031] Ein Vorteil der Erfindung ist ferner die Angabe eines Halbleiterbauelements zum Steuern von Elektrizität, das eine hohe Detektierfähigkeit zum Detektieren einer sehr starken Erwärmung eines Halbleiter-Schaltelements hat, das auf einem Isolatorsubstrat angebracht ist, wobei die Lebensdauer des Halbleiterbauelements mit hoher Genauigkeit vorhersagbar ist. Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung weist ein Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität folgendes auf:

- (a) eine Metallgrundplatte; und
- (b) mindestens ein Isolatorsubstrat, das folgendes aufweist:

- (1) eine Isolatorplatte,
- (2) eine rückseitige Struktur auf der Rückseite der Isolatorplatte, wobei die rückseitige Struktur mit der Metallgrundplatte verbunden ist, und
- (3) zwei Schaltkreisstrukturen, die auf der Vorderseite der Isolatorplatte und über der rückseitigen Struktur angeordnet sind, wobei jede der Schaltkreisstrukturen ein Halbleiter-Schaltelement zum Steuern von Elektrizität, eine Freilaufdiode, die mit dem Schaltelement gepaart ist, und einen Elektrodenbereich aufweist.

[0032] Jede Schaltkreisstruktur hat eine Gestalt, die der Gestalt des Buchstabens "L" im allgemeinen ähnlich ist und sich entlang von zwei Seiten der Isolatorplatte erstreckt, die aneinander anschließen und senkrecht zueinander sind. Die zwei Schaltkreisstrukturen sind an gegenüberliegenden Ecken der Isolatorplatte in einer zentralsymmetrischen Beziehung zueinander angeordnet.

[0033] Das Schaltelement ist sandwichartig zwischen der Freilaufdiode und dem Elektrodenbereich in jeder Schaltkreisstruktur angeordnet. Das viel Wärme erzeugende Schaltelement ist von den Ecken der rückseitigen Struktur entfernt angeordnet.

[0034] Das Halbleiterbauelement der Erfindung ist also äußerst widerstandsfähig gegenüber Rissen in einem Bindemittel zwischen der rückseitigen Struktur und der Metallgrundplatte, die durch die Wirkung von Temperaturwechselbeanspruchungen, die beispielsweise durch den Ein/Aus-Betrieb des Schaltbetriebs verursacht werden, an den Ecken der rückseitigen Struktur auftreten.

[0035] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung hat das Halbleiterbauelement eine Hilfselektrode, die mit dem Elektrodenbereich verbunden ist. Die Breite des Elektrodenbereichs kann durch Vergrößern der Dicke der Hilfselektrode verringert werden. Dadurch wird die Größe von jedem von dem Isolatorsubstrat und der Metallgrundplatte verringert. Es kann also ein äußerst zuverlässiges und kompaktes Halbleiterbauelement angegeben werden.

[0036] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung sind die zwei Schaltelemente und die zwei Freilaufdioden in einem Schachbrettmuster angeordnet und von den zwei Hilfselektroden, die entlang gegenüberliegenden Seiten der Isolatorplatte angeordnet sind, sandwichartig eingeschlossen. Die Schaltelemente und die Freilaufdioden, die Wärme erzeugen, können also von sämtlichen Ecken der rückseitigen Struktur beabstandet sein, ohne daß eine Notwendigkeit besteht, das Isolatorsubstrat zu vergrößern.

[0037] Es kann also ein Halbleiterbauelement angegeben werden, das klein, kompakt und dennoch gegenüber Rissen in dem Bindemittel durch Temperaturwechselbeanspruchungen, die beispielsweise von dem Ein/Aus-Betrieb des

Schaltelemente verursacht sind, äußerst widerstandsfähig ist.

[0038] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung besteht die Isolatorplatte aus Keramik; die rückseitige Struktur und die Schaltkreisstrukturen bestehen aus Kupfer oder Aluminium; die Metallgrundplatte besteht aus Kupfer oder Aluminium; und die rückseitige Struktur ist durch Lot mit der Metallgrundplatte verbunden. Dies führt zu einem Halbleiterbauelement, das überlegene Kühleigenschaften hat und kostengünstig hergestellt werden kann.

[0039] Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung hat das Schaltelement eine rechteckige Gestalt mit Seiten mit einer Länge von mehr als 14 mm und kann in einer Fläche mit einem Radius von 25 mm auf der Vorderseite des Isolatorsubstrats aufgenommen werden. Es kann also ein Halbleiterbauelement mit großer Kapazität und langer Lebensdauer hergestellt werden.

[0040] Gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung hat das Halbleiterbauelement einen Temperaturfühler, der an dem Schaltelement an oder in der Nähe einer Ecke der rückseitigen Struktur angebracht ist. Der Temperaturfühler kann eine übermäßige Erwärmung des Schaltelements detektieren, bevor das Element durch die Wärme zusammenbricht. Die Lebensdauer des Halbleiterbauelements kann also genau vorhergesagt werden. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauelements.

[0041] Die Erfindung wird nachstehend, auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile, anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

[0042] Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Ausführungsform eines Halbleiterbauelements zum Steuern von Elektrizität gemäß der Erfindung;

[0043] Fig. 2 eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A des Halbleiterbauelements in Fig. 1;

[0044] Fig. 3 eine Rückansicht eines Isolatorsubstrats, das in dem Halbleiterbauelement in Fig. 1 verwendet wird;

[0045] Fig. 4 eine Draufsicht auf das herkömmliche Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität;

[0046] Fig. 5 eine Querschnittsansicht entlang der Linie B-B des Halbleiterbauelements in Fig. 4;

[0047] Fig. 6 eine Draufsicht auf ein Isolatorsubstrat des Halbleiterbauelements in Fig. 5; und

[0048] Fig. 7 ein Schaltbild eines Hauptstromkreises, der üblicherweise in dem Halbleiterbauelement der Fig. 1 bis 4 vorgesehen ist.

[0049] Die Anmeldung beruht auf der in Japan eingereichten Anmeldung Nr. 2000-260521, auf deren Inhalt hier summarisch Bezug genommen wird.

[0050] Eine Ausführungsform eines Halbleiterbauelements zum Steuern von Elektrizität ist in den Fig. 1 bis 3 und 7 gezeigt. In diesen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen identische oder entsprechende Teile. 1 bezeichnet eine Metallgrundplatte aus Kupfer, die an ihren vier Ecken vorgesehene Schraubenlöcher zur Anbringung des Halbleiterbauelements an einer (nicht gezeigten) Wärme abstrahlenden Kühlrippenanordnung hat.

[0051] 2 bezeichnet ein Isolatorsubstrat, das durch Löten auf der Metallgrundplatte 1 befestigt ist. Das Isolatorsubstrat 2 weist folgendes auf: eine Isolatorplatte 3 aus Keramik, wie etwa Aluminiumnitrid, ein Paar von Kupfer-Schaltkreisstrukturen 4, die auf der Vorderseite der Isolatorplatte 3 ausgebildet sind, und eine rückseitige Struktur 5 aus Kupferfolie, die auf der Rückseite der Platte 3 ausgebildet ist.

[0052] Die rückseitige Struktur 5 ist auf die Metallgrundplatte 1 aufgelötet. 6 bezeichnet IGBT als Halbleiter-Schalt-

elemente zum Steuern von Elektrizität.

[0053] Jeder IGBT 6 weist einen (nicht gezeigten) Thermofühler auf, der damit integriert ist und der im allgemeinen bei 6a gezeigte Fühlerelektroden hat. Der Thermofühler dient dazu, die Temperatur des IGBT 6 selbst mittels einer Diode zu detektieren, die eine negative Temperaturcharakteristik des Widerstands in Durchlaßrichtung hat.

[0054] 7 bezeichnet Freilaufdioden, die jeweils mit dem entsprechenden IGBT 6 gepaart sind. Ein Paar aus einem IGBT 6 und einer Freilaufdiode 7 ist auf jede Schaltkreisstruktur 4 aufgelötet. 9 bezeichnet eine Lotschicht, die zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur 5 des Isolatorsubstrats 2 eine Verbindung herstellt, und 9A bezeichnet eine Lotschicht, die zwischen der Schaltkreisstruktur 4 und einer Gruppe aus einem IGBT 6, einer Freilaufdiode 7 und einer Hilfselektrode 8 eine Verbindung herstellt.

[0055] Wie im Fall des herkömmlichen Halbleiterbauelements, das in den Fig. 4 bis 6 gezeigt und unter Bezugnahme darauf beschrieben ist, weist das Halbleiterbauelement dieser Ausführungsform eine (nicht gezeigte) Harzabdeckung auf. Die Metallgrundplatte 1 und die Abdeckung 11 sind so zusammengesetzt, daß sie ein Gehäuse bilden, wobei die Grundplatte 1 als Bodenwand dient, und das Isolatorsubstrat 2, der IGBT 6 und die Freilaufdiode 7 auf der Metallgrundplatte 1 sind somit innerhalb des so gebildeten Gehäuses eingeschlossen.

[0056] Diese Konstruktion ist der des herkömmlichen Halbleiterbauelements im wesentlichen ähnlich, und aus Gründen der Kürze werden weitere Einzelheiten nicht noch einmal erläutert. 12 bezeichnet Hauptstromkreisanschlüsse, die in die (nicht gezeigte) Abdeckung eingesetzt sind, wobei ein Ende davon an der Außenseite zur Verbindung mit einem externen Schaltkreis freiliegt.

[0057] In Fig. 1 sind in Verbindung mit den Anschlüssen 12 und den Isolatorsubstraten 2 die gleichen Symbole wie in den Fig. 4 bis 6 verwendet, um die gleichen Funktionseigenschaften zu bezeichnen.

[0058] Der Hauptstromkreis, der in dem die Erfindung verkörpernden Halbleiterbauelement verwendet wird, ist mit dem in Fig. 7 gezeigten identisch.

[0059] Der IGBT 6, die Freilaufdiode 7 und die Hilfselektrode 8 auf dem Isolatorsubstrat 2 sind wie nachstehend erläutert angeordnet. Wie Fig. 1 zeigt, sind drei Isolatorsubstrate 2 in Reihe miteinander und in einem vorbestimmten Abstand voneinander angeordnet. Jedes Substrat 2 ist über die rückseitige Struktur 5 auf der Rückseite des Substrats 2 auf die Metallgrundplatte 1 aufgelötet.

[0060] Fig. 3 ist eine Draufsicht auf jedes Isolatorsubstrat 2, von der Seite der rückseitigen Struktur 5 gesehen. Ein Paar von Schaltkreisstrukturen 4 und die Position, an der die zugehörigen IGBT 6 angelötet sind, sind durch Strichlinien bezeichnet, wobei die Position diejenige Position der Schaltkreisstruktur 4 ist, die am meisten Wärme erzeugt.

[0061] Wie die Fig. 2 und 3 deutlich zeigen, ist das Paar von Schaltkreisstrukturen 4 auf der Oberfläche des Isolatorsubstrats 2 so ausgebildet, daß die Strukturen 4 entsprechende Positionen oberhalb der rückseitigen Struktur 5 über die entsprechende Isolatorplatte 3 einnehmen können.

[0062] Jede Schaltkreisstruktur 4 hat eine im allgemeinen L-förmige Konfiguration, die sich teilweise entlang einer von vier Seiten der entsprechenden Isolatorplatte 3 und teilweise entlang einer anderen der vier Seiten davon erstreckt, die sich von der einen Seite der vier Seiten der entsprechenden Isolatorplatte 3 fortsetzt und dazu senkrecht ist.

[0063] Die Hilfselektrode 8 erstreckt sich entlang einer Seite der Isolatorplatte, und die Hilfselektrode 8, der IGBT 6 und die Freilaufdiode 7 erstrecken sich entlang einer ande-

ren Seite der Isolatorplatte 3. Die Hilfselektrode 8, der IGBT 6 und die Freilaufdiode 7 sind mit Lot befestigt.

[0064] Das heißt, zwei Sätze aus einem IGBT 6 und einer Freilaufdiode 7 sind so angeordnet, daß sie ein Schachbrettmuster bilden, und ein Paar von Hilfselektroden 8 ist entlang einander zugewandten Seiten der Isolatorplatte 3 angeordnet, um die zwei Sets aus einem IGBT 6 und einer Freilaufdiode 7 sandwichartig einzuschließen.

[0065] Ein Paar von Schaltelementen, die jeweils einen IGBT 6 und eine mit diesem IGBT 6 in Sperr-Richtung parallel dazu geschaltete Freilaufdiode 7 aufweisen, sind in jeder Schaltkreisstruktur 4 auf den drei Isolatorsubstraten 2 auf der Metallgrundplatte 1 ausgebildet. Das Paar von Schaltelementen ist auf dem Isolatorsubstrat 2 miteinander in Reihe geschaltet.

[0066] Der Hauptstromkreis eines Dreiphasen-Wechselrichters ist also auf der Metallgrundplatte 1 ausgebildet, wie aus Fig. 1 und dem Schaltbild in Fig. 7 ersichtlich ist. Das Paar von Schaltelementen ist in jedem der drei Isolatorsubstrate 2 kompakt angeordnet. Infolgedessen ist der Hauptstromkreis des Dreiphasen-Wechselrichters auf der Metallgrundplatte 1 kompakt ausgebildet.

[0067] Nachstehend wird die Funktionsweise des Bauelements gemäß dieser Ausführungsform beschrieben. Wenn das Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität als Wechselrichter dient, bewirken ein Stromfluß in dem Hauptstromkreis und eine wiederholte Schaltfunktion des IGBT 6, daß die IGBT 6 und die Freilaufdioden 7 Wärme erzeugen.

[0068] Die erzeugte Wärme wird durch die Lotschicht 9A, die Schaltkreisstruktur 4, die Isolatorplatte 3, die rückseitige Struktur 5 und die Lotschicht 9 zu der Metallgrundplatte 1 übertragen. Dann wird die Wärme auf die (nicht gezeigte) Wärme abstrahlende Kühlrippenanordnung verteilt, die an der Metallgrundplatte 1 angebracht ist.

[0069] Bei der Wärmeübertragung ist die Lotschicht 9, die die rückseitige Struktur 5 mit der Metallgrundplatte 1 verbindet, einer komplizierten Wärmebeanspruchung ausgesetzt. Die Wärmebeanspruchung hat viele verschiedene Gründe.

[0070] Diese sind folgende: unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten der Metallgrundplatte 1 und der Isolatorplatte 3, die mit der rückseitigen Struktur 5 verbunden ist; ein Temperaturgradient zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur 5; und eine räumliche Veränderung des Temperaturgradienten, verursacht durch eine Temperaturverteilung in der rückseitigen Elektrode 5, in der ein Teil nahe dem viel Wärme erzeugenden IGBT 6 eine höhere Temperatur als andere Teile hat.

[0071] Eine Temperaturwechselbeanspruchung, die zwangsläufig entsteht, wenn das Bauelement in einem Motorraum angeordnet ist, sowie die durch den Ein/Aus-Betrieb des IGBT 6 erzeugte Temperaturwechselbeanspruchung können Risse in der Lotschicht 9 verursachen.

[0072] Wie Fig. 3 zeigt, gehen die kleinen Risse im allgemeinen von Ecken der rückseitigen Struktur 5 aus, an denen der Abstand von der Mitte der rückseitigen Struktur 5 am größten ist, und mechanische Spannungen können sich somit an dieser Stelle konzentrieren. Die gebildeten kleinen Risse verlaufen zur Mitte der rückseitigen Struktur 5 und werden zu großen Rissen.

[0073] Die Risse in der Lotschicht 9 erhöhen den Widerstand der Lotschicht 9 und senken den Wärmeabstrahlungswirkungsgrad. Wenn die Risse in der Lotschicht 9 bis zu einer Stelle unter einem Teil der rückseitigen Struktur 5 unter dem IGBT 6 gelangen, kann dieser extrem erwärmt werden, so daß er zusammenbricht.

[0074] Das Paar von Schaltkreisstrukturen 4 auf dem Isolatorsubstrat 2 des Halbleiterbauelements dieser Ausführungsform hat jedoch eine solche Konstruktion, daß zwei

Sätze der IGBT 6 und der Freilaufdioden 7 von und zwischen dem Paar von Hilfselektroden 8 sandwichartig eingeschlossen sind. Die Hilfselektroden 8 befinden sich an den Ecken 5a der rückseitigen Struktur 5, und der hochwärmeerzeugende IGBT 6 und die beträchtlich wärmeerzeugende Freilaufdiode 7 sind von den Ecken 5a entfernt angeordnet.

[0075] Auch wenn der IGBT 6 den Ein/Aus-Betrieb wiederholt, ist die Temperatur der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5 niedriger als die des Teils unter dem IGBT 6 oder der Freilaufdiode 7. Die Entstehung und Ausdehnung der kleinen Risse 9b in der Lotschicht 9 wird an der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5 unterdrückt.

[0076] Selbst wenn die kleinen Risse an der Ecke 5a entstehen und sich ausdehnen, verhindert der große Abstand zwischen dem IGBT 6 oder der Freilaufdiode 7 und der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5, daß die Risse innerhalb kurzer Zeit unter den IGBT 6 oder die Freilaufdiode 7 gelangen.

[0077] Das heißt, selbst wenn sich die kleinen Risse durch die Wirkung der Temperaturwechselbeanspruchung, die in dem Motorraum entsteht, und durch die von dem Ein/Aus-Betrieb des IGBT 6 verursachte Temperaturwechselbeanspruchung ausbilden, gelangen sie erst nach langer Zeit unter den IGBT 6 oder die Freilaufdiode 7.

[0078] Das Halbleiterbauelement dieser Ausführungsform ist also gegenüber den Temperaturwechselbeanspruchungen äußerst beständig und hat eine lange Lebensdauer und eine hohe Zuverlässigkeit.

[0079] Der auf dem IGBT 6 integral ausgebildete Thermofühler ist in der Position angeordnet, die von der Mitte des Isolatorsubstrats 2 am weitesten entfernt ist, d. h. in der Position nahe der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5 und dort, wo der Einfluß der schlechten Wärmeabstrahlung, die von den kleinen Rissen 9b, die sich zur Mitte der rückseitigen Struktur 5 ausgedehnt haben, verursacht wird, sich zuerst bemerkbar macht.

[0080] Es ist also möglich, die Ausdehnung der kleinen Risse 9b zu detektieren, bevor der IGBT 6 durch die Wärme zusammenbricht, und die genaue Lebensdauer zu kennen.

[0081] Da die Hilfselektroden 8 mit den Elektrodenstrukturbereichen 4a verbunden sind, kann die Breite des Elektrodenstrukturbereichs 4a durch Vergrößern der Dicke der Hilfselektrode 8 verringert werden. Dies führt zu einer Verkleinerung des Isolatorsubstrats 2 und der Metallgrundplatte 1. Daher werden die Induktivität des Hauptstromkreises und die Größe des Halbleiterbauelements verringert.

[0082] Je größer das Isolatorsubstrat 2 ist, desto größer ist der Abstand von der Mitte zu der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5. Der große Abstand zwischen der Mitte und der Ecke 5a der rückseitigen Struktur 5 erhöht eine auf die Lotschicht 9 aufgebrachte Verwerfungs- oder Scherkraft, die durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten der Metallgrundplatte 1 und der Isolatorplatte 3 an der Ecke 5a verursacht wird.

[0083] Dies fördert die Entstehung und Ausdehnung der kleinen Risse 9b. Um die Entstehung und Ausdehnung der kleinen Risse 9b in der Lotschicht 9 zu verhindern, wird bevorzugt die Größe des Isolatorsubstrats 2 innerhalb der Grenzen verringert, innerhalb derer die Wärmeübertragung zu der Metallgrundplatte 1 nicht verhindert wird.

[0084] Zur Bestätigung der vorstehenden Ausführungen, wurde ein Test durchgeführt. Ein Isolatorsubstrat, das aus einer Metallgrundplatte 1 aus Kupfer und einer Isolatorplatte 3 aus Aluminiumnitrid bestand, wurde verwendet. Ein IGBT 6 der Nennwertklasse 600A wurde auf dem 45 mm x 48 mm großen viereckigen Isolatorsubstrat 2 angeordnet, wie Fig. 1 zeigt. Ein Temperaturwechseltest von

-40°C bis 125°C wurde durchgeführt.

[0085] Wenn das über Kreuz angeordnete Paar der IGBT 6 innerhalb von 25 mm von der Mitte des Isolatorsubstrats 2 angeordnet war, entwickelten sich die kleinen Risse sehr langsam weiter. Das Bauelement behielt seine Funktionsfähigkeit selbst nach 2000 oder mehr Temperaturwechseltests bei.

[0086] Wenn der IGBT 6 jedoch nicht innerhalb von 25 mm von der Mitte des Isolatorsubstrats 2 lag, das größer als das oben Beschriebene war, dehnten sich die kleinen Risse 9b rasch aus und das Bauelement hatte eine kurze Lebensdauer.

[0087] Der IGBT 6 für ein Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität, der zu der Nennwertklasse 600A gehört, die sehr gefragt ist, benötigt eine Größe von 14 mm². 15
Aber selbst wenn IGBT mit einer Größe von 15 mm² verwendet werden und über Kreuz auf dem Paar von zentral-symmetrisch auf dem Isolatorsubstrat 2 ausgebildeten Schaltkreisstrukturen 4 angeordnet sind, können die IGBT 6 leicht innerhalb eines Radiusbereichs von 25 mm platziert 20
sein.

[0088] Bei Verwendung eines Isolatorsubstrats 2 und einer Metallgrundplatte 1 mit einer Größe der Nennwertklasse 300A in einem herkömmlichen Bauelement, d. h. bei Verwendung eines viereckigen Isolatorsubstrats 2 mit einer Größe von 45 mm x 48 mm, wird somit ein Halbleiterbauelement der Nennwertklasse 600A hergestellt. Die Größe eines Halbleiterbauelement dieser Klasse ist also erheblich verringert.

[0089] Ferner kann, obwohl die Größe des Isolatorsubstrats 2 verringert ist, anstelle einer teuren Grundplatte aus Kupfer-Molybdän-Legierung, die bei dem herkömmlichen Halbleiterbauelement der Fig. 4 bis 6 erforderlich ist, eine Kupferplatte als Metallgrundplatte 1, die mit einer Isolatorplatte 3 aus Aluminiumnitrid zusammengesetzt ist, verwendet werden. Die Metallgrundplatte 1 aus Kupfer hat einen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der sich von dem der Isolatorplatte 3 aus Aluminiumnitrid erheblich unterscheidet. Kupfer hat jedoch eine hohe Wärmeleitfähigkeit und ist kostengünstig. 40

[0090] Es wird also nicht nur ein großes Gleichgewicht zwischen der Kapazität und der Größe des Halbleiterbauelements erzielt, sondern es werden auch die Herstellungskosten des Bauelements erheblich gesenkt, ohne daß die Widerstandsfähigkeit der Lotschicht 9 gegenüber den Temperaturwechselbeanspruchungen verringert wird. 45

[0091] Bei dieser Ausführungsform wird eine Kupferplatte als Metallgrundplatte 1 verwendet, und eine Isolatorplatte 3 aus Aluminiumnitrid mit einer rückseitigen Kupferflächenkörper-Struktur 5 wird als Isolatorsubstrat 2 verwendet. 50

[0092] Die oben beschriebenen Wirkungen können jedoch auch mit anderen Arten von Materialien erzielt werden; beispielsweise mit einer Aluminiumplatte als Metallgrundplatte 1; mit einer Platte aus anderen Keramikmaterialien, wie etwa Aluminiumoxid oder Siliciumnitrid, als Isolatorplatte 3; und mit einem Aluminiumflächenkörper als rückseitige Struktur 5. 55

[0093] Lot wird zwar als Bindemittel zwischen der Metallgrundplatte 1 und der rückseitigen Struktur des Isolatorsubstrats 2 verwendet; es kann jedoch auch Lot ohne Pb (Pb-freies Lot) verwendet werden. Anstelle von Lot können auch andere Bindemittel, wie etwa Silberhartlot, Silberpaste oder Epoxidharz, verwendet werden. 60

Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement zum Steuern von Elektrizität,

gekennzeichnet durch

- (a) eine Metallgrundplatte (1); und
- (b) mindestens ein Isolatorsubstrat (2), das folgendes aufweist:

- (1) eine Isolatorplatte (3),
- (2) eine rückseitige Struktur (5) auf der Rückseite der Isolatorplatte (3), wobei die rückseitige Struktur (5) mit der Metallgrundplatte (1) verbunden ist, und
- (3) zwei Schaltkreisstrukturen (4), die auf der Vorderseite der Isolatorplatte (3) und über der rückseitigen Struktur (5) angeordnet sind, wobei jede der Schaltkreisstrukturen (4) ein Halbleiter-Schaltelement (6) zum Steuern von Elektrizität, eine mit dem Schaltelement (6) gepaarte Freilaufdiode (7) und einen Elektrodenbereich aufweist;

wobei jede Schaltkreisstruktur (4) "L"-förmig ist und sich entlang von zwei Seiten der Isolatorplatte (3) erstreckt, die aneinander anschließen und senkrecht zueinander sind, und wobei die zwei Schaltkreisstrukturen (4) an gegenüberliegenden Ecken der Isolatorplatte (3) in einer zentral-symmetrischen Beziehung zueinander angeordnet sind, und wobei das Schaltelement (6) sandwichartig zwischen der Freilaufdiode (7) und dem Elektrodenbereich in jeder Schaltkreisstruktur (4) angeordnet ist.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Hilfselektrode (8) mit dem Elektrodenbereich verbunden ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Schaltelemente (6) und zwei Freilaufdioden (7) in einem Schachbrettmuster angeordnet und von den zwei Hilfselektroden (8) entlang gegenüberliegenden Seiten der Isolatorplatte (3) sandwichartig eingeschlossen sind.

4. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolatorplatte (3) aus Keramik besteht; daß die rückseitigen Strukturen (5) und die Schaltkreisstrukturen (4) aus Kupfer oder Aluminium bestehen; daß die Metallgrundplatte (1) aus Kupfer oder Aluminium besteht;

und daß die rückseitige Struktur (5) durch Lot mit der Metallgrundplatte (1) verbunden ist.

5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (6) eine rechteckige Gestalt mit Seiten mit einer Länge von mehr als 14 mm hat und in einer Fläche mit einem Radius von 25 mm auf der Vorderseite des Isolatorsubstrats (2) aufgenommen werden kann.

6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperaturfühler an dem Schaltelement (6) an oder nahe einer Ecke der rückseitigen Struktur (5) angeordnet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

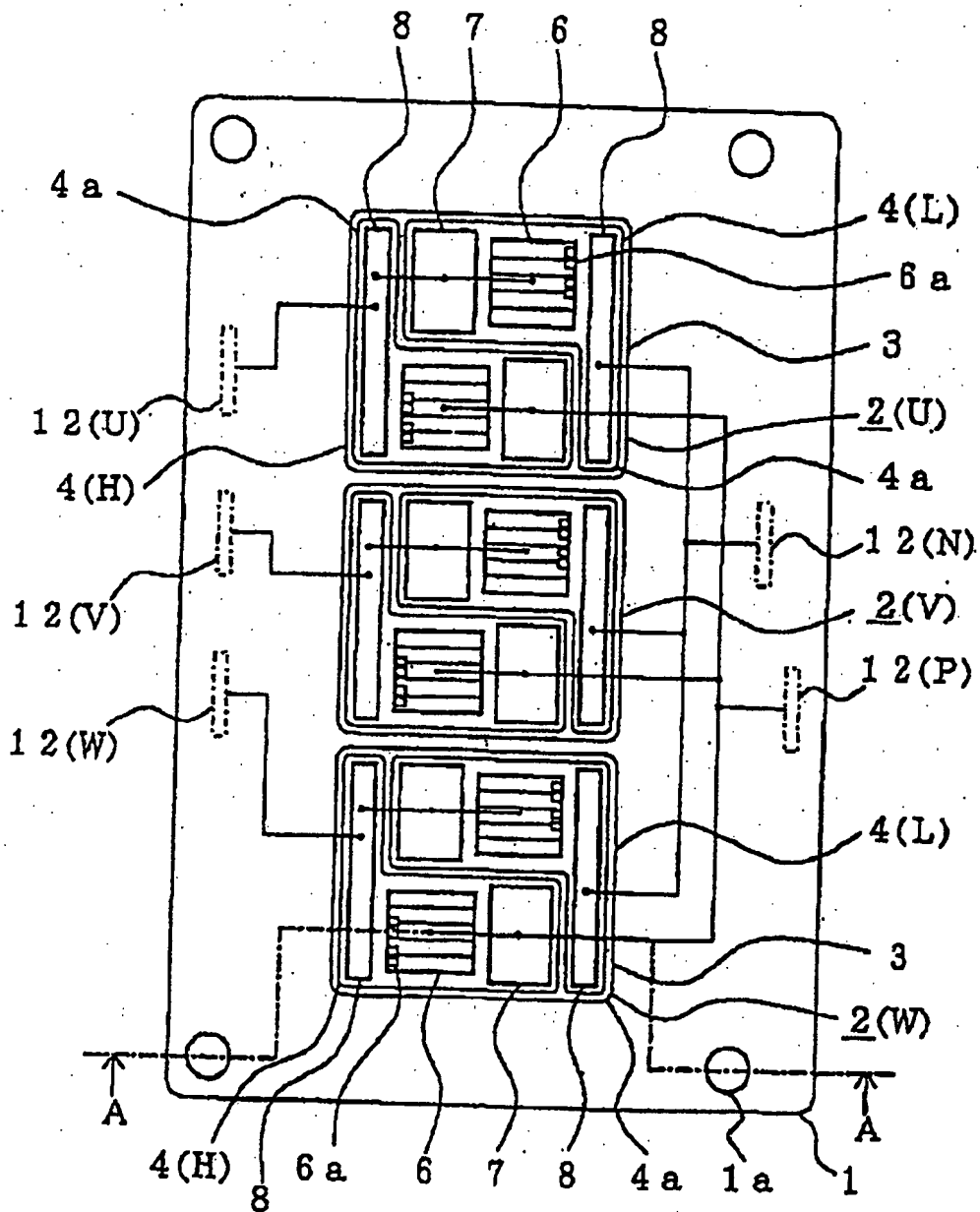


Fig. 2

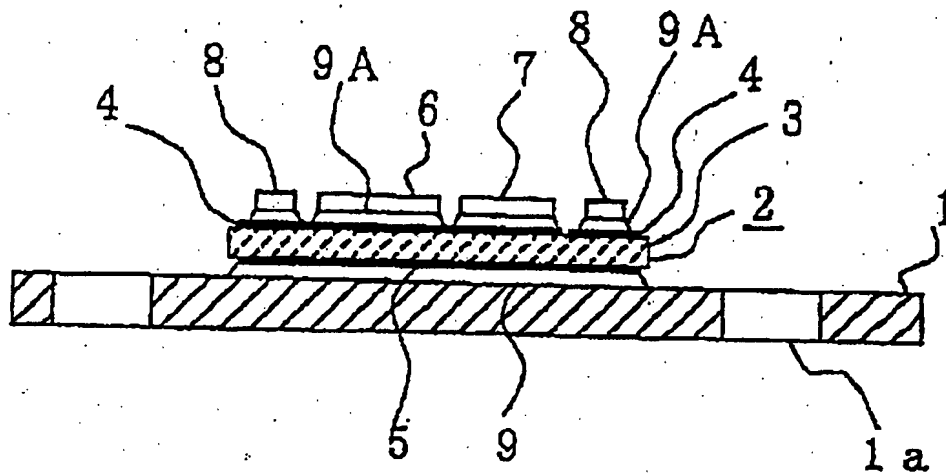


Fig. 3

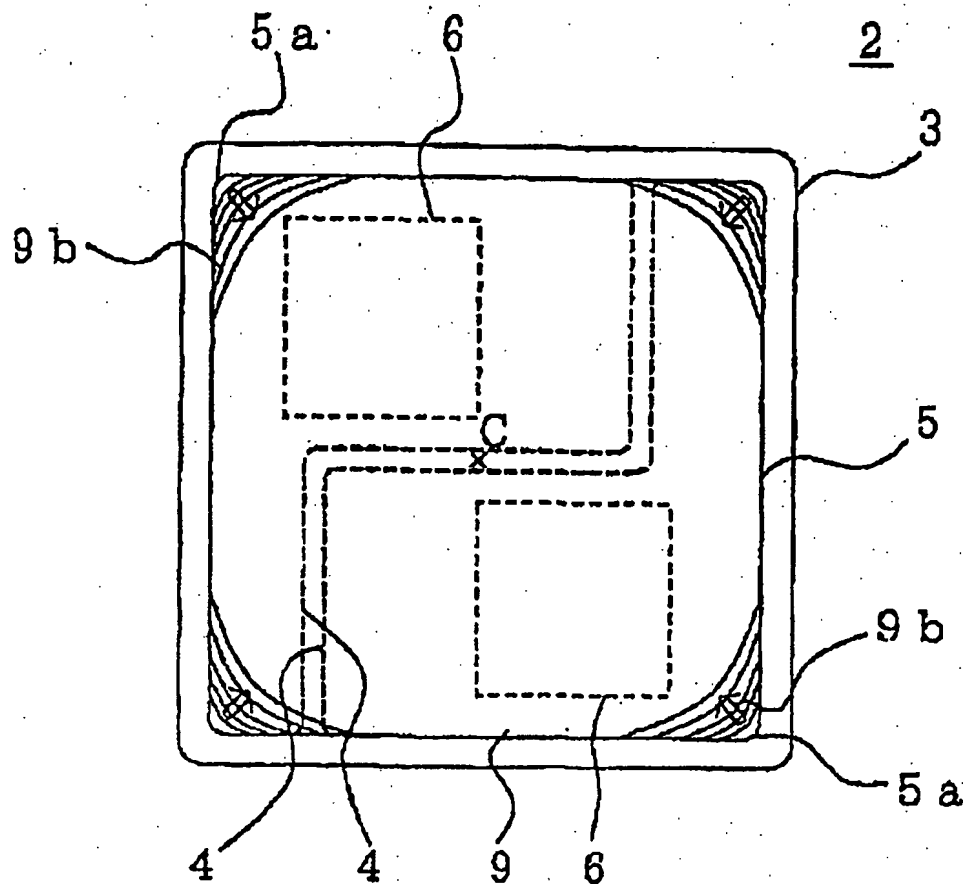


Fig.4 Stand der Technik

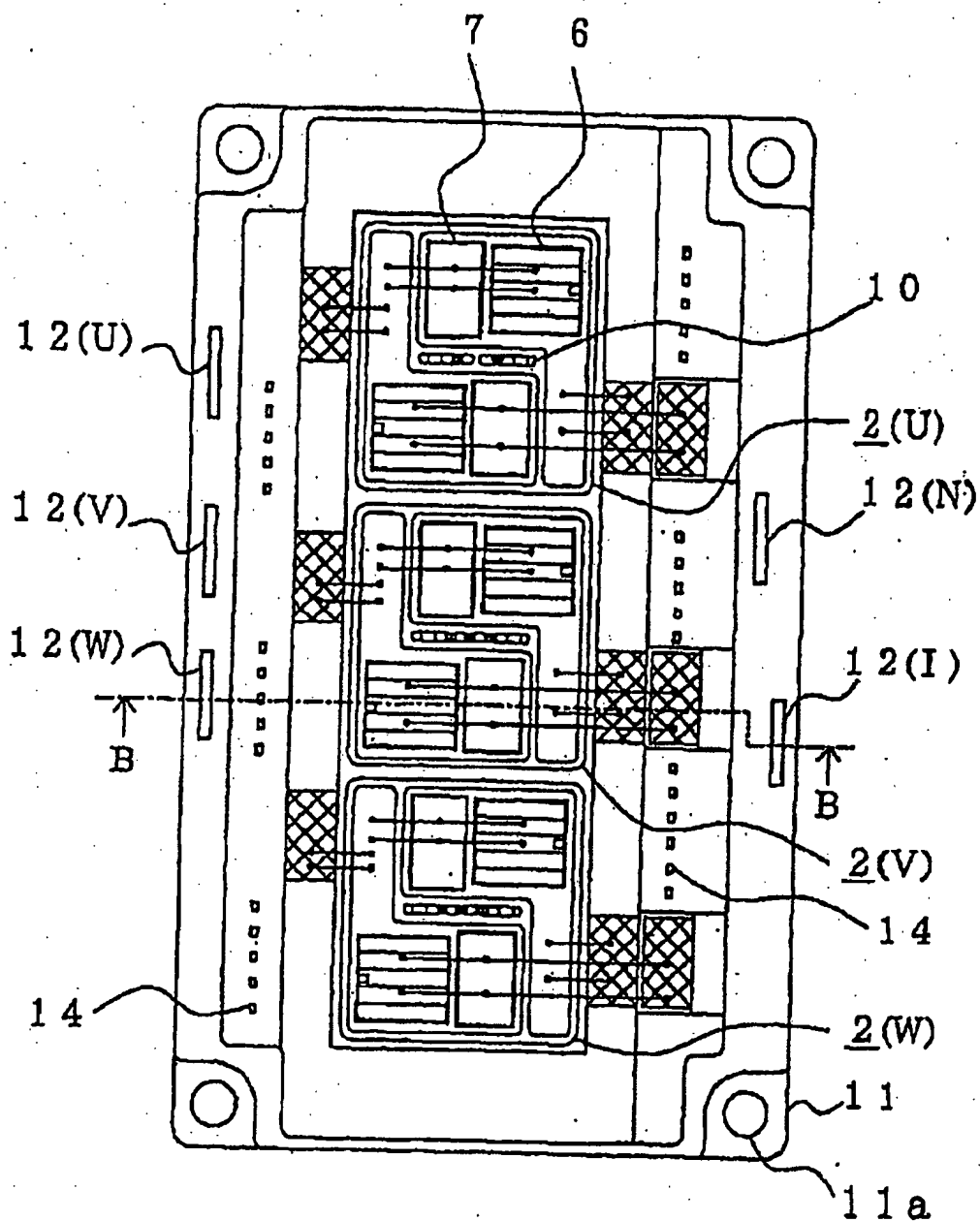


Fig.5 Stand der Technik

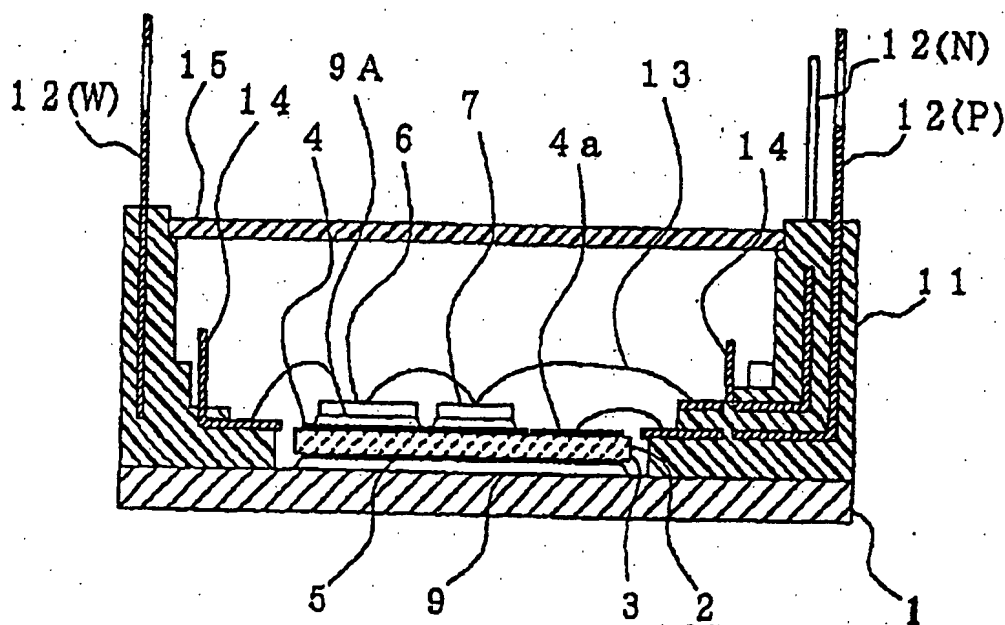


Fig. 6 Stand der Technik

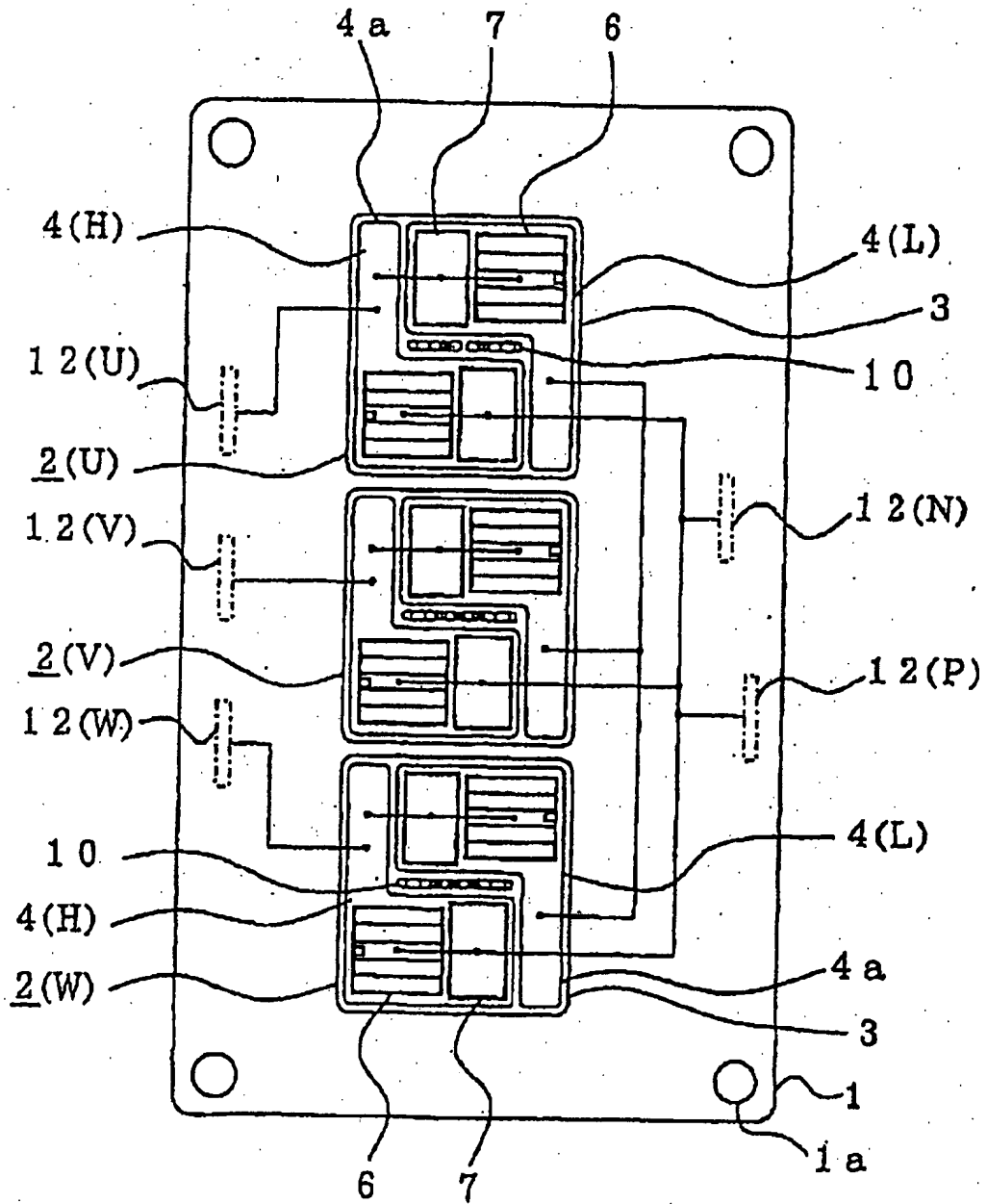


Fig. 7 Stand der Technik

